

Raumfahrtssysteme

Mission „Johannes Kepler“ erfolgreich

Space Flight Systems

Mission 'Johannes Kepler' Proceeded Successfully

Seite 6 / page 6

Extraterrestrik: Mit ECOMA den Rätseln der mittleren Atmosphäre auf der Spur

Extraterrestrics: ECOMA Unravels the Riddles of the Middle Atmosphere

12

Robotik: DEOS greift nach defekten Satelliten

Robotics: DEOS Catches Defective Satellites

16

Navigation: Galileo-Testregion GATE offiziell eröffnet

Navigation: Galileo Test Region GATE Officially Opened

20

Forschung unter Weltraumbedingungen: ISS-Jubiläum in Bonn gefeiert

Research under Space Conditions: ISS Jubilee Celebrated in Bonn

24

Zehn Jahre deutsche Forschung auf der ISS

Research under Space Conditions: Ten Years of German Research on the ISS

28

CCF entdeckt neue Strömungseffekte

Research under Space Conditions: CCF Discovers New Flow Effects

32

Deutsche Raumfahrt-Missionen: Symphonie

German Space Missions: Symphonie

36

Raumfahrtkalender

Space Calendar

40



Der erfolgreiche Start der dritten ECOMA-Höhenforschungsrakete innerhalb der letzten Kampagne fand am 19. Dezember 2010 von der Andoya Rocket Range (ARR) in Norwegen aus statt. Man kann auf dieser Langzeitbelichtung sehr gut die Lichtspur der beiden Raketenstufen erkennen. (Kolbjørn Blix Dahle/ARR)

On December 19, 2010, the sounding rocket ECOMA was successfully launched from the Norwegian Andoya Rocket Range (ARR) during the last campaign. Due to the time exposure, the trace of light of both rocket stages turns into sight. (Kolbjørn Blix Dahle/ARR)

ECOMA und WADIS

Den Rätseln der mittleren Atmosphäre auf der Spur

Von Dr. Christian Gritzner und Prof. Markus Rapp

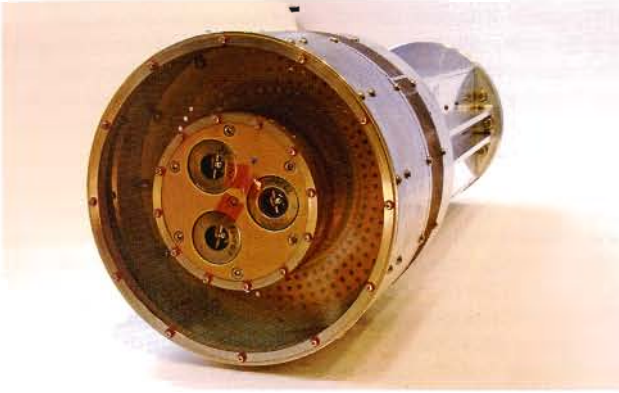
In 40 bis 100 Kilometer über der Erde spielen sich Phänomene ab, die einen großen Einfluss auf unser Wetter und Klima haben können. Für Ballone sind diese Bereiche zu hoch, für Satelliten zu niedrig. Um diese Vorgänge dennoch eingehend untersuchen zu können, benutzen Wissenschaftler Höhenforschungsraketen, die in der Atmosphärenforschung ihren festen Platz eingenommen haben. Mit der Förderung des Projektes ECOMA und dem Nachfolger WADIS unterstreicht das DLR Raumfahrtmanagement die Bedeutung dieses Forschungsgebietes. Parallel zu den Raketenflügen werden Messungen vom Boden beziehungsweise von Satelliten aus vorgenommen und mit den Daten aus ECOMA und WADIS verglichen.

ECOMA and WADIS

Unravelling the Riddles of the Middle Atmosphere

By Dr Christian Gritzner and Prof. Markus Rapp

Certain phenomena that occur at an altitude of 40 to 100 kilometres above the ground may influence our weather and our climate. This altitude range is too high for balloons and too low for satellites. Therefore, to investigate these phenomena in detail, scientists make use of sounding rockets, tools that are firmly entrenched in atmospheric research. Appreciating the significance of this field of research, the DLR Space Administration has been supporting the ECOMA project and its successor, WADIS. In parallel with the rocket missions, measurements are taken from the ground and/or from satellites and compared to the data produced by ECOMA and WADIS.



Der ECOMA-Partikeldetektor kann sehr genau messen, in welcher Höhe wie viele Staubpartikel und andere wichtige Bestandteile wie Spurengase vorhanden und wie diese geladen sind. Der Detektor ist eine Kombination aus einem Faraday-Cup – einem elektrischen Messgerät zur Partikelmessung von Aerosolen – und einer Xenon-Blitzlampe, die zur Ionisation der nachzuweisenden Nano-Partikel durch Bestrahlung mit hochfrequentem Licht dient.

(Dr. Gerd Baumgarten/IAP)

The ECOMA particle detector is capable of taking precise measurements of the quantity and charge state of dust particles and trace gases that influence the processes in the atmosphere at any given altitude. The ECOMA particle detector consists of a Faraday cup – an electrical device for measuring aerosol particles – and a xenon flashlight which serves to detect nano-particles by ionising them with high-frequency light.

(Dr Gerd Baumgarten/IAP)

Projekt ECOMA – Flug durch die Geminiden

Im Rahmen des deutsch-norwegischen Forschungsprojektes ECOMA (Existence and Charge State of Meteoric Dust Grains in the Middle Atmosphere) starteten zwischen 2005 und 2010 neun Höhenforschungsraketen vom Typ NIKE-Improved-ORION von der norwegischen Andøya Rocket Range (ARR). Die letzten drei Raketen wurden rund um den sogenannten „Geminiden“-Meteorschauer am 5., 13. und 19. Dezember 2010 von der Insel Andøya nördlich des Polarkreises in die mittlere Atmosphäre entsandt.

Nach ihrem Aufstieg über dem Meer erreichten die Raketen in rund 135 Kilometer Höhe den Gipfelpunkt und maßen auf dem Weg nach oben sowie bei ihrem Abstieg die Konzentration kleiner, Nanometer großer Staubpartikel meteorischen Ursprungs in der Erdatmosphäre. Dabei führten die ECOMA-Instrumente Messungen im Millisekundentakt durch, um trotz der hohen Fluggeschwindigkeiten der Raketen von etwa 1.000 Metern pro Sekunde noch eine räumliche Auflösung im Bereich von einem Meter zu erzielen. So kann sehr genau gemessen werden, in welcher Höhe wie viele Staubpartikel und andere wichtige Bestandteile, wie für die Vorgänge in der Atmosphäre bedeutsame Spurengase, vorhanden und wie diese geladen sind. Für diese Messungen wurde ein neuartiges Instrument eingesetzt: der ECOMA-Partikeldetektor, der am Institut für Atmosphärenphysik an der Universität Rostock (IAP) entwickelt und von der Firma von Hoerner & Sulger (vH&S) in Schwetzingen gebaut wurde. Bei dem Detektor handelt es sich um eine Kombination aus einem Faraday-Cup – einem elektrischen Messgerät zur Partikelmessung von Aerosolen – und einer Xenon-Blitzlampe, die zur Ionisation der nachzuweisenden Nanopartikel durch Bestrahlung mit hochfrequentem Licht dient.

Im Zentrum der wissenschaftlichen Untersuchungen stand bei den drei ECOMA-Starts im Jahr 2010 der Einfluss des Geminiden-Meteorschauers auf die Eigenschaften des bereits vorhandenen Staubes in der mittleren Atmosphäre. Meteorstaub entsteht, wenn kleinste Meteoroiden mit einer Geschwindigkeit von 11,2 bis über 60 Kilometern pro Sekunde auf die Atmosphäre treffen. Durch die Reibungshitze verglühen sie und bilden dann durch Rekondensation kleinste Staubpartikel. Dies geschieht meist zwischen 70 und 110 Kilometern Höhe. Vom Boden aus sind einige dieser Ereignisse als kurz aufleuchtende Sternschnuppen (auch Meteore genannt) zu erkennen. Pro Tag bewirken diese winzigen, aber zahlreichen Objekte eine Massezunahme der Erde um etwa 50 Tonnen.

Wie Staub die Atmosphäre beeinflusst

Doch Meteoritenstaub hat nicht nur Einfluss auf die Massezunahme der Erde. Er spielt auch eine bedeutende Rolle in der Bildung von Wolken in der mittleren Atmosphäre: Die Staubpartikel wirken in diesem Höhenbereich zum Beispiel als Nukleationskeimzellen für die Bildung von Eiskristallen, die

The ECOMA project – flying through the Geminids

Between 2005 and 2010, under the German-Norwegian research project ECOMA (existence and charge state of meteoric dust grains in the middle atmosphere), nine sounding rockets of the NIKE-improved ORION type have been launched from the Norwegian Andøya Rocket Range (ARR). On December 5, 13, and 19, the last three rockets were launched to the middle atmosphere from Andøya Island north of the polar circle in 2010, timed to coincide with the so-called Geminid meteor shower.

Rising above the sea to a peak altitude of around 135 kilometres, the rockets measured the concentration of minute nanometre-sized dust particles of meteoric origin in the surrounding atmosphere both during their ascent and their descent. During their flight, the ECOMA instruments took measurements at intervals of one millisecond so as to keep spatial resolution in the one-metre range despite the rocket's high velocity of around 1,000 metres per second. At any given altitude, these measurements show very accurately the quantity and charge state of dust particles and other important components, such as trace gases that influence the processes in the atmosphere. These measurements were performed by an innovative instrument, the ECOMA particle detector, which was developed by the Institute of Atmospheric Physics (IAP) at Rostock University and built by von Hoerner & Sulger (vH&S) of Schwetzingen. The detector consists of a Faraday cup – an electrical device for measuring aerosol particles – and a xenon flashlight which serves to detect nano-particles by ionising them with high-frequency light.

During the three ECOMA flights in 2010, scientific attention focused on the influence of the Geminid meteor shower on the properties of the dust already present in the middle atmosphere. Meteoric dust is generated by small meteoroids colliding with the Earth's atmosphere at a velocity of between 11.2 and more than 60 kilometres per second. Burned up by the heat of friction, they re-condense to form infinitesimal dust particles, generally at an altitude of between 70 and 110 kilometres. Some of these events can be observed from the ground as brief flashes of light, also known as meteors or shooting stars. Small but numerous, these objects increase the mass of the Earth by about 50 tons every day.

How dust influences the atmosphere

However, meteoric dust also plays a major part in, for instance, the formation of clouds in the middle atmosphere: at this altitude, dust particles act as nucleating agents in the formation of ice crystals which gather in so-called noctilucent clouds (NLC) that can be observed with the naked eye from the ground in the twilight. Scientific interest in these clouds has increased in recent years because it is assumed that observations of their brightness and frequency may serve as highly sensitive indicators of climate changes (temperature and water-vapour content) in the middle

unter Zwielflichtbedingungen als sogenannte leuchtende Nachtwolken vom Boden aus sogar mit bloßen Auge zu erkennen sind. Diese Wolken haben in den letzten Jahren ein vermehrtes wissenschaftliches Interesse gefunden, da angenommen wird, dass Beobachtungen ihrer Helligkeit und Häufigkeit als hochempfindlicher Indikator für Klimaänderungen (Temperatur und Wasserdampfgehalt) in der mittleren Atmosphäre geeignet sind. Voraussetzung für eine quantitative Interpretation solcher Beobachtungen ist aber ein genaues Verständnis der zugrundeliegenden Wolkenbildungsprozesse, über die bisher nur sehr wenig bekannt war. ECOMA soll Erkenntnisse liefern, um diese komplexen Vorgänge in der irdischen Lufthülle besser zu verstehen.

Das Projekt ECOMA endete am 31. Dezember 2010. Finanziert wurde ECOMA je zur Hälfte aus einer norwegischen Zuwendung an das nahe bei Oslo gelegene Forschungsinstitut FFI sowie über eine deutsche Zuwendung an das IAP durch das DLR Raumfahrtmanagement aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Das IAP wurde 1992 gegründet und ist Mitglied der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz. Die Starts wurden von der mobilen Raketenbasis (MORABA) des DLR durchgeführt, welche auf diesem Gebiet eine jahrzehntelange Erfahrung besitzt.

Höhenforschung 2.0 mit WADIS

Zum 1. August 2010 haben das IAP, die Universität Stuttgart und das DLR Raumfahrtmanagement das Folgevorhaben zu ECOMA ins Leben gerufen. WADIS (Wellenausbreitung und Dissipation in der Mittleren Atmosphäre) führt die Erforschung der Erdatmosphäre mit Höhenforschungsraketen in den kommenden Jahren weiter.

Das wissenschaftliche Ziel von WADIS ist die Untersuchung der Ausbreitung von Schwerewellen von ihrer Entstehung in der unteren Troposphäre (15 Kilometer Höhe) bis zu ihrer Umwandlung in Wärmeenergie (Dissipation) in der unteren Thermosphäre (80 bis 130 Kilometer). Welchen Beitrag zum Energiebudget der Atmosphäre leisten Schwerewellen? Welchen Einfluss übt der von den Schwerewellen beeinflusste turbulente Transport von Spurenstoffen wie speziell des atomaren Sauerstoffs auf deren Verteilung aus? Diesen Fragen soll im Rahmen des WADIS-Projektes nachgegangen werden.

Atomarer Sauerstoff und das Energiebudget

Zum ersten Mal überhaupt soll in diesen Höhen während der Vermessung von Schwerewellen eine direkte Bestimmung der Konzentration von atomarem Sauerstoff durchgeführt werden. Aus den Messergebnissen sollen der Beitrag des atomaren Sauerstoffs sowie der Beitrag von Schwerewellen zum Energiebudget der mittleren Atmosphäre exakt bestimmt werden. Bislang konnte atomarer Sauerstoff mit Höhenforschungsraketen nicht erfolgreich gemessen werden, da die dafür eingesetzten konventionellen Massenspektrometer aufgrund nicht-kontrollierbarer Reaktionen des atomaren Sauerstoffs mit den Wänden der Instrumente nur stark verfälschte Ergebnisse lieferten. Mit den bei WADIS eingesetzten PHLUX- und FIPEX-Instrumenten lassen sich diese Probleme vermeiden, da gezielte Messungen katalytischer Reaktionen auf der Oberfläche

atmosphäre. However, such observations can be interpreted quantitatively only on the basis of a thorough understanding of the processes by which these clouds are formed, about which very little has been known so far. It is hoped that ECOMA will supply the information we need for a better understanding of these complex processes in the terrestrial atmosphere.

The ECOMA project ended on December 31, 2010. It was financed one half each by a Norwegian funding to the FFI research institute near Oslo and a German financial support to the IAP, made by the DLR Space Administration with funds from the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi). Founded in 1992, the IAP is a member of the Gottfried Wilhelm Leibniz Science Association. The sounding rockets were launched from DLR's mobile rocket base (MORABA) that has been active in this field for decades.

The WADIS project - high-altitude research 2.0

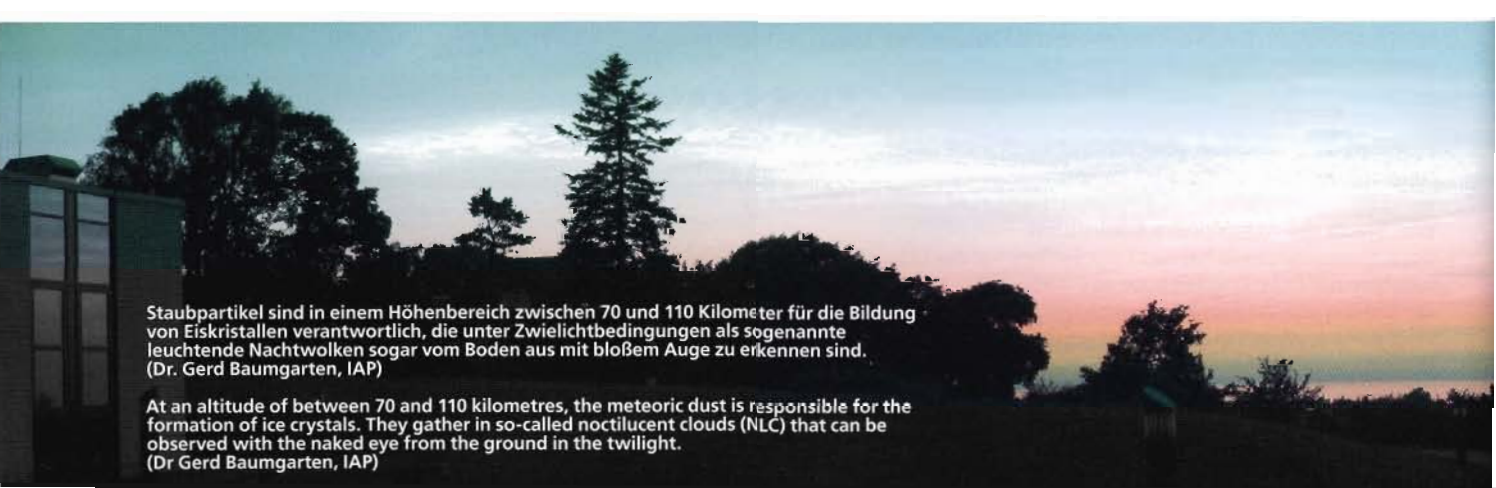
On August 1, 2010, ECOMA's successor was established by the IAP, Stuttgart University, and the DLR Space Administration. Under WADIS (wave propagation and dissipation in the middle atmosphere), the exploration of the Earth's atmosphere with sounding rockets will continue during the next few years.

The scientific objective of WADIS is to investigate the propagation of gravitational waves from their origin in the lower troposphere (15 kilometres up) to their conversion into thermal energy (dissipation) in the lower thermosphere (80 to 130 kilometres). What do gravitational waves contribute to the energy budget of the atmosphere? In what way do the turbulent transport processes of trace substances in general and atomic oxygen in particular, influenced by gravitational waves, affect the distribution of these substances? These are the questions that will be pursued under the WADIS project.

Atomic oxygen and the energy budget

For the first time ever, direct measurements of the concentration of atomic oxygen will be combined with measurements of gravitational waves at these altitudes. Their results will be used to determine exactly the contribution of atomic oxygen and gravitational waves to the energy budget of the middle atmosphere. In the past, atomic oxygen could not be measured successfully from sounding rockets because the results delivered by conventional mass spectrometers were corrupted by uncontrollable reactions between atomic oxygen and the walls of the instruments. These problems can be avoided by the PHLUX and FIPEX instruments used for WADIS, because catalytic reactions at the surface of the semiconductor sensors can be measured directly in real time.

The PHLUX and FIPEX experiments were developed by the Institute of Space Systems (IRS) at Stuttgart University. The FIPEX sensors were tested in space some years ago when they were installed in an eponymous experiment on the International Space Station (ISS). The experiment was designed to meas-



Staubpartikel sind in einem Höhenbereich zwischen 70 und 110 Kilometer für die Bildung von Eiskristallen verantwortlich, die unter Zwielflichtbedingungen als sogenannte leuchtende Nachtwolken sogar vom Boden aus mit bloßem Auge zu erkennen sind.
(Dr. Gerd Baumgarten, IAP)

At an altitude of between 70 and 110 kilometres, the meteoric dust is responsible for the formation of ice crystals. They gather in so-called noctilucent clouds (NLC) that can be observed with the naked eye from the ground in the twilight.
(Dr Gerd Baumgarten, IAP)

der Halbleitersensoren in Echtzeit durchgeführt werden können. Die Experimente PHLUX und FIPEX werden vom Institut für Raumfahrtssysteme (IRS) der Universität Stuttgart entwickelt. Die FIPEX-Sensoren sind bereits weltraumerprobt, da sie vor einigen Jahren in einem gleichnamigen Experiment auf der Internationalen Raumstation ISS eingesetzt wurden. Damit konnte man Konzentrationsschwankungen des atomaren Sauerstoffs, der die Oberflächen von Raumfahrzeugen angreift, in der niedrigen Erdumlaufbahn bestimmen. PHLUX-Sensoren sollen noch in diesem Jahr auf der ESA-Wiedereintrittskapsel EXPERT eingesetzt werden.

Dichteschwankungen und das Energiebudget

Zudem kommen in dem Vorhaben WADIS die aus früheren Projekten bewährten CONE-Detektoren (COMBINED measurements of Neutrals and Electrons) zum Einsatz. Diese Sensoren beruhen auf der Technik sogenannter Ionisationsröhren. Sie erlauben es, relative Änderungen der Luftdichte mit einer vertikalen Auflösung im Sub-Meterbereich und einer relativen Genauigkeit von weniger als ein Promille zu bestimmen. Durch Schwerewellen und Turbulenzen entstandene Dichteschwankungen können so gemessen und deren Beitrag zum Energiebudget der Atmosphäre bestimmt werden.

Zwischen 2011 und 2013 sollen zwei WADIS-Kampagnen mit Starts von je einer Höhenforschungsrakete von Typ NIKE-Improved-ORION stattfinden. Eine Kampagne soll im Winter, die andere während des Frühjahrs stattfinden, um auch den Einfluss der Jahreszeiten auf die Vorgänge in der mittleren Atmosphäre zu ermitteln.

Kooperation mit der NASA

Die US-Weltraumbehörde NASA hat mit dem IAP eine Kooperationsvereinbarung für das Projekt WADIS geschlossen. Die NASA stellt dabei kostenfrei 24 einfache meteorologische Höhenforschungsraketen zur Verfügung. Jeweils zwölf dieser Raketen sollen in jeder WADIS-Kampagne – zeitlich versetzt zur NIKE-Improved-ORION-Rakete mit den Experimenten – gestartet werden und zusätzliche Messdaten der Atmosphäre liefern. Diese Beteiligung der NASA unterstreicht das weltweite Interesse und die wissenschaftliche Bedeutung dieser deutschen Aktivitäten zur Atmosphärenforschung mit Höhenforschungsraketen.

WADIS wird zum einen Teil über eine nationale Zuwendung an das IAP durch das DLR Raumfahrtmanagement gefördert und zum anderen Teil aus Eigenmitteln des IAP finanziert. Norwegen stellt die Startanlagen der ARR zur Verfügung. Die MORABA des DLR wird die Startkampagnen durchführen.

Dr.-Ing. Christian Gritzner betreut die Projekte ECOMA und WADIS in der Abteilung Extraterrestrik des DLR Raumfahrtmanagements.

Prof. Markus Rapp ist Projektleiter der Projekte ECOMA und WADIS und leitet die Abteilung Radarsondierungen und Höhenforschungsraketen im Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik e.V. (IAP) an der Universität Rostock.

ure fluctuations in the concentration of atomic oxygen which attacks the surface of space vehicles in a low Earth orbit. This very year, PHLUX sensors will be mounted in ESA's EXPERT re-entry capsule.

Density fluctuations and the energy budget

The WADIS project also employs the proven CONE detectors (combined measurements of neutrals and electrons). Based on the so-called ionisation tube technology, these sensors are capable of detecting relative changes in atmospheric density with a vertical resolution in the sub-metre range and a relative accuracy of less than one per mil. Thus, density fluctuations caused by gravitational waves and turbulences can be measured and their contribution to the atmospheric energy budget determined.

Two WADIS campaigns, each involving the launch of a sounding research rocket of the NIKE-improved ORION type, are scheduled to take place between 2011 and 2013. To determine the influence exerted by the seasons on processes in the middle atmosphere, one campaign will take place in winter, the other in spring.

Cooperation with NASA

The US space agency NASA has concluded a cooperation agreement with the IAP on the WADIS project. NASA will provide 24 basic meteorological sounding rockets free of charge. Twelve of these will be launched in each WADIS campaign – staggered so as not to coincide with the NIKE-improved ORION rocket carrying the experiments – to provide additional measurement data from the atmosphere. NASA's participation highlights the world-wide interest in, and the scientific significance of, these German activities to explore the atmosphere with sounding rockets.

WADIS will be financed partly by a national funding to the IAP from the DLR Space Administration and partly by IAP's own funds. Norway will make the ARR facilities available once again, and the launch campaigns will be handled by DLR's MORABA, as before.

Dr.-Ing. Christian Gritzner supervises the ECOMA and WADIS projects in the Extraterrestrics department of the DLR Space Administration.

Prof. Markus Rapp manages the ECOMA and WADIS projects, besides directing the Radar Sensing and Sounding Rockets department at the Leibniz Institute of Atmospheric Physics (IAP) at Rostock University.

